

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-091574

(43)Date of publication of application : 29.03.2002

(51)Int.Cl.

G05D 23/19  
F27B 5/18  
F27D 19/00  
H01L 21/205  
H01L 21/22

(21)Application number : 2000-278526

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 13.09.2000

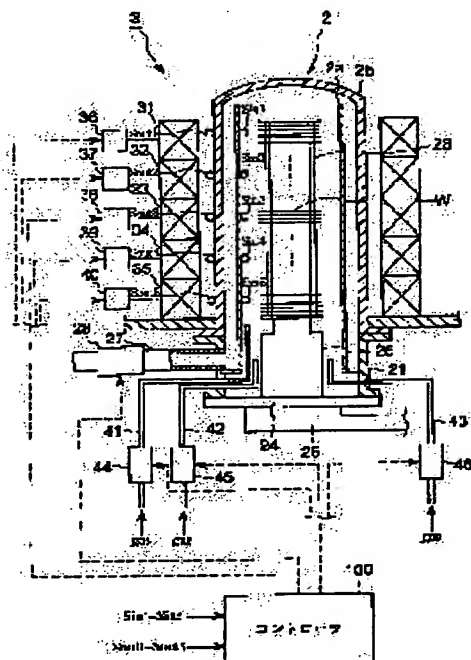
(72)Inventor : O BUNRYO  
SAKAMOTO KOICHI  
SUZUKI FUJIO  
YASUHARA MOYURU

## (54) BATCH TYPE HEAT TREATMENT EQUIPMENT AND ITS CONTROL METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To estimate an accurate temperature for a heat treatment equipment by estimating the temperature of a substance to be treated in order to perform the heat treatment of the substance.

**SOLUTION:** A reactive pipe 2 is provided with heaters 31-35, temperature sensors Sin1-Sin5 and Sout1-Sout5 and houses a wafer boat 23. A control part 100 estimates the temperatures of wafers W of five zones corresponding to the heaters 31-35 of the pipe 2 and also the temperatures of sensors Sin1-Sin5 by means of the electric power of the sensors Sin1-Sin5, Sout1-Sout5 and the heaters 31-35. The functions f1-f5 showing the relation between the estimated temperature and actual temperature of every zone are calculated from the relation of estimated and actual temperatures among sensors Sin1-Sin5. The estimated wafer temperatures are substituted for the functions f1-f5 for correcting the wafer temperatures. The electric power supplied to the heaters 31-35 are individually controlled so that the corrected wafer temperatures are converged on a target temperature track.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-91574  
(P2002-91574A)

(43) 公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 5 D 23/19		G 0 5 D 23/19	J 4 K 0 5 6
F 2 7 B 5/18		F 2 7 B 5/18	4 K 0 6 1
F 2 7 D 19/00		F 2 7 D 19/00	A 5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 H 3 2 3
21/22	5 1 1	21/22	5 1 1 A
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-278526 (P2000-278526)

(22) 出願日 平成12年9月13日 (2000.9.13)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社  
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 王 文俊

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41号  
東京エレクトロン東北株式会社相模事業所内

(72) 発明者 坂本 浩一

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41号  
東京エレクトロン東北株式会社相模事業所内

(74) 代理人 100095407

弁理士 木村 満

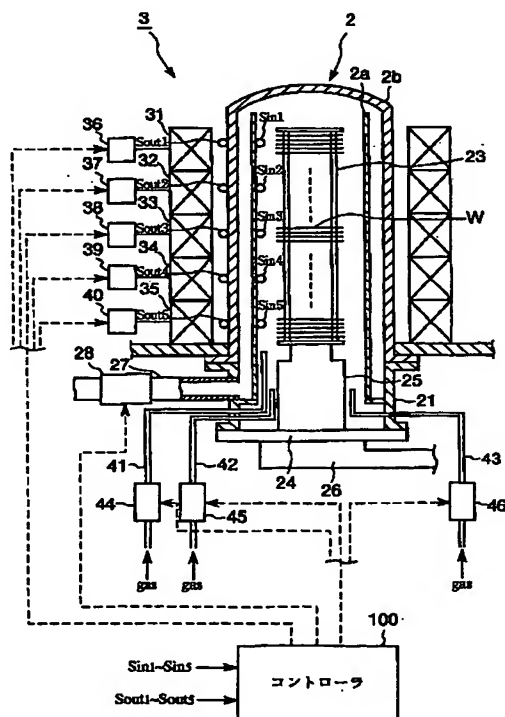
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バッチ式熱処理装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 被処理体の温度を推定して、熱処理を行う熱処理装置において、正確な温度を推定する。

【解決手段】 反応管2は、ヒータ31～35と、温度センサSin1～Sin5とSout1～Sout5とを備え、ウエハポート23を収容する。制御部100は、温度センサSin1～Sin5とSout1～Sout5とヒータ31～35の電力を用いて、反応管2内のヒータ31～35に対応する5つのゾーンのウエハWの温度と温度センサSin1～Sin5の温度とを推定する。温度センサSin1～Sin5の推定温度と実測温度との関係から、ゾーン別に推定温度と実測温度との関係を表す関数f1～f5を求める。関数f1～f5に、推定したウエハ温度を代入して、推定ウエハ温度を校正する。校正されたウエハ温度が目標温度軌道に収斂するように、ヒータ31～35に供給する電力を個別に制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のヒータと、複数の温度センサとを備え、内部に被処理体を収容する加熱炉と、前記温度センサの出力から、前記加熱炉内の被処理体の温度と前記温度センサ自体の温度とを推定するためのモデルを記憶するメモリと、前記温度センサの出力から、モデルを用いて、前記加熱炉内の被処理体の温度を推定する第1の温度推定部と、前記モデルを用いて前記温度センサ自体の温度を推定する第2の温度推定部と、前記温度センサの出力が示す温度と、前記第2の温度推定部が推定した前記温度センサの温度とに基づいて、前記第1の温度推定部が推定した温度を校正する校正部と、前記校正部により校正された温度に従って、前記複数のヒータを制御する制御手段と、を備える、ことを特徴とするバッチ式熱処理装置。

【請求項2】前記校正部は、前記第2の温度推定部が推定した温度と前記温度センサの出力が示す温度との関係を求め、この関係に、前記第1の温度推定部が推定した温度を適用することにより、第1の温度推定部が推定した温度を校正する手段を備える、ことを特徴とする請求項1に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項3】前記校正部は、前記第2の温度推定部が推定した温度を基準とした時の、前記温度センサが示す温度のオフセットを求め、該オフセットを加算するように第1の温度推定部が推定した温度を校正する手段を備える、ことを特徴とする請求項1又は2に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項4】前記校正部は、前記第2の温度推定部が推定した温度に対する前記温度センサの実測値の倍率を求め、第1の温度推定部が推定した温度にこの倍率を乗算することにより、校正を行う。ことを特徴とする請求項1、2又は3に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項5】前記モデルは、前記温度センサの出力とさらに前記ヒータの電力とから前記加熱炉内の被処理体の温度と前記温度センサ自体の温度とを推定するためのモデルであり、前記第1の温度推定部は、前記温度センサの出力と前記複数のヒータの電力とから、前記加熱炉内の被処理体の温度を推定し、前記第2の温度推定部は、前記温度センサの出力と前記複数のヒータの電力とから、前記温度センサの温度を推定する、ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項6】前記モデルは、推定した被処理体の温度を目標値に近づけるために、ヒータを制御するためのモデルを含む、ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項7】前記制御手段は、被処理体に施すべき温度

変化を示すレシピを記憶するレシピ記憶手段を備え、前記被処理体の温度が前記レシピ記憶手段に記憶されたレシピに従って変化するように、前記モデルに基づいて、前記被処理体の温度を推定し、この推定値に従って前記ヒータを制御する、ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項8】前記レシピ記憶手段は、前記加熱炉内の、被処理体の配列方向の複数のゾーン別に、修正されたレシピを記憶し、前記制御手段は、各ゾーンのレシピに従って前記ヒータを制御する、ことを特徴とする請求項7に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項9】前記制御手段は、校正手段が校正した推定ウエハ温度の組と前記複数のゾーンのレシピが指示する温度の組とのばらつきが最小となるように、前記ヒータを制御する、ことを特徴とする請求項8に記載のバッチ式熱処理装置。

【請求項10】複数のヒータと、複数の温度センサとを備え、内部に被処理体を収容する加熱炉を有するバッチ式熱処理装置の制御方法であって、前記温度センサの出力から、前記加熱炉内の被処理体の温度と該温度センサ自体の温度を推定するためのモデルとを記憶し、前記温度センサの出力から、前記モデルを用いて、前記加熱炉内の被処理体の温度と前記温度センサ自体の温度とを推定し、前記温度センサの出力が示す温度と、前記モデルを用いて推定した温度センサの温度とを比較し、比較結果に従って、前記モデルを用いて、被処理体の推定温度を校正し、校正された被処理体の推定温度に従って、前記複数のヒータを制御する、ことを特徴とするバッチ式熱処理装置の制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハ等の被処理体を多数枚一括して熱処理するバッチ式熱処理装置に関し、特に、収容している半導体ウエハの温度を推定し、推定結果に基づいて、最適な制御を行う適応制御型のバッチ式熱処理装置及びその制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】多数の半導体ウエハに対して成膜処理、酸化処理あるいは拡散処理などの熱処理を一括して行うバッチ式熱処理装置として、横型熱処理装置や縦型熱処理装置が知られており、最近では、大気巻き込みが少ない等の理由から縦型熱処理装置が主流になりつつある。

【0003】図4は、縦型熱処理装置の外観を示す図であり、この装置は、縦型の加熱炉11と、ウエハ保持具であるウエハポート12とを備えている。加熱炉11

は、縦型の反応管の周囲にヒータを設けて構成され、ガス供給管11a及び排気管11bが接続されている。

【0004】ウエハポート12は、複数の支柱13を備え、各支柱13に形成された溝にウエハWの周縁部を支持することにより、被処理体である多数枚のウエハWが所定のピッチで棚状に保持されるように構成される。ウエハポート12は、多数枚のウエハWを保持した後に、ポートレベータにより加熱炉11の下方開口部を通じて加熱炉11内に搬入され、ウエハWに対して所定の熱処理が行われる。

【0005】このような熱処理装置の制御系においては、例えば、成膜すべき薄膜の種類、膜厚などに応じて、処理温度、処理圧力、ガス流量などの処理条件（処理パラメータの目標値）が決められており、これら処理条件を書き込んだレシピが複数用意されている。そして、各オペレータが薄膜の種類及び膜厚に応じたレシピを選択することにより、予め定められた処理条件に基づいて熱処理装置が運転される。

【0006】熱処理装置は、処理温度、処理圧力、ガス流量などの処理条件がレシピに定められた目標値に一致させるように制御しながら、処理を行う。これらの処理を適切に行うため、ウエハの温度、加熱炉内の圧力、ガス流量などを測定する必要がある。

【0007】加熱炉内の圧力は、圧力計により、ガス流量は、供給管に配置された流量計を含むマスフローコントローラ等により、比較的正確に測定が可能である。しかし、ウエハの温度については、測定が困難である。例えば、ウエハに温度センサを装着して加熱炉内に収納する手法も考えられるが、温度センサ装着箇所に半導体素子を形成することができず、さらに、加熱炉内全体を汚染し、半導体装置の歩留まりを低下させる虞がある。また、ウエハの周囲の雰囲気温度を測定することも考えられるが、この手法では、ウエハの温度を正確に測定することができない。

【0008】これらの問題を解決できる技術が、例えば、米国特許第5,517,594号公報に開示されている。この技術は、加熱炉に複数の温度センサを配置し、この温度センサの出力と、ヒータへの供給電力などに基づいて、数字モデルを用いてウエハの温度を刻一刻と推定し、推定値を用いて、ヒータ電力を制御する技術である。この技術によれば、金属汚染などを引き起こすことなく、ウエハの温度を比較的正確に非接触で測定（推定）して、熱処理装置を制御することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】この技術によっても、例えば、実際の装置と数学モデルを作成する際に使用した装置や環境の差異、さらには、プロセスの差異等により、数学モデルにより推定（計算）される温度が実際の温度とずれてしまう場合がある。この場合には、誤ったウエハ温度に基づいてヒータ電力を制御することにな

り、所望の処理をウエハに施すことができない。

【0010】本発明は、このような事情の下に成されたものであり、数学モデルを用いて被処理体の温度を推定し、推定した温度に基づいて、熱処理を行う熱処理装置及びその制御方法において、正確な温度を推定可能とすることにある。また、本発明は、信頼性と歩留まりに優れた半導体装置を製造することができるバッチ式熱処理装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明の第1の観点に係るバッチ式熱処理装置は、複数のヒータと、複数の温度センサとを備え、内部に被処理体を収容する加熱炉と、前記温度センサの出力から、前記加熱炉内の被処理体の温度と前記温度センサ自体の温度とを推定するためのモデルを記憶するメモリと、前記温度センサの出力から、モデルを用いて、前記加熱炉内の被処理体の温度を推定する第1の温度推定部と、前記モデルを用いて前記温度センサ自体の温度を推定する第2の温度推定部と、前記温度センサの出力が示す温度と、前記第2の温度推定部が推定した前記温度センサの温度とを比較する比較部と、比較部の比較結果に従って、前記第1の温度推定部が推定した温度を校正する校正部と、前記校正部により校正された温度に従って、前記複数のヒータを制御する制御手段と、を備える、ことを特徴とする。

【0012】この発明によれば、温度センサの温度を実測すると共にモデルを用いて推定する。従って、推定した温度と実際の温度との関係を求めることができる。被処理体と温度センサとの温度の推定に、共通のモデルを使用することにより、温度センサの実測温度と推定温度との関係が、被処理体の実際の温度と推定温度との関係にもある程度同様に適用されうる。従って、この関係などを被処理体の推定温度に適用することなどにより、被処理体の推定温度を校正して、被処理体の温度をほぼ正確に求め、これを用いて、ヒータを制御することができる。

【0013】前記校正部は、例えば、前記第2の温度推定部が推定した温度と前記温度センサの出力が示す温度との関係 $f$ を求め、この関係 $f$ に、前記第1の温度推定部が推定した温度を適用することにより、第1の温度推定部が推定した温度を校正する手段を備える。具体的には、前記校正部は、例えば、前記第2の温度推定部が推定した温度を基準とした時の、前記温度センサが実測した温度のオフセット（例えば、オフセット＝実測温度－推定温度）を求め、第1の温度推定部が推定した被処理体の温度に該オフセットを加算することにより、校正を行う。或いは、前記校正部は、例えば、前記第2の温度推定部が推定した温度に対する前記温度センサの実測値の倍率 $k$ （ $k$ ＝実測値／推定値）を求め、第1の温度推定部が推定した温度にこの倍率を乗算することにより、

校正を行う。

【0014】前記モデルは、例えば、推定した被処理体の温度を目標値に近づけるために、ヒータを制御するためのモデルを含む。

【0015】前記モデルは、例えば、前記温度センサの出力とさらに前記ヒータの電力とから前記加熱炉内の被処理体の温度と前記温度センサ自体の温度とを推定するためのモデルである。この場合、前記第1の温度推定部は、前記温度センサの出力と前記複数のヒータの電力とから、前記加熱炉内の被処理体の温度を推定し、前記第2の温度推定部は、前記温度センサの出力と前記複数のヒータの電力とから、前記温度センサの温度を推定する。

【0016】前記制御手段は、被処理体に施すべき温度変化を示すレシピを記憶するレシピ記憶手段を備え、前記被処理体の温度が前記レシピ記憶手段に記憶されたレシピに従って変化するように、前記モデルに基づいて、前記被処理体の温度を推定し、この推定値に従って前記ヒータを制御する。

【0017】前記レシピ記憶手段は、前記加熱炉内の、被処理体の配列方向の複数のゾーン別に、修正されたレシピを記憶し、前記制御手段は、各ゾーンのレシピに従って前記ヒータを制御する。

【0018】前記制御手段は、例えば、校正手段が校正した推定ウエハ温度の組と前記複数のゾーンのレシピが指示する温度の組とのばらつきが最小となるように、前記ヒータを制御する。

【0019】上記目的を達成するため、この発明の第2の観点に係るバッチ式熱処理装置の制御方法は、複数のヒータと、複数の温度センサとを備え、内部に被処理体を収容する加熱炉を有するバッチ式熱処理装置の制御方法であって、前記温度センサの出力から、前記加熱炉内の被処理体の温度と該温度センサ自体の温度を推定するためのモデルとを記憶し、前記温度センサの出力から、前記モデルを用いて、前記加熱炉内の被処理体の温度と前記温度センサ自体の温度とを推定し、前記温度センサの出力が示す温度と、前記モデルを用いて推定した温度センサの温度とを比較し、比較結果に従って、前記モデルを用いて、被処理体の推定温度を校正し、校正された被処理体の推定温度に従って、前記複数のヒータを制御する、ことを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明のバッチ式熱処理装置を縦型熱処理装置に適用した実施の形態について説明する。この縦型熱処理装置は、図1に示すように、例えば、石英で作られた内管2a及び外管2bよりなる二重管構造の反応管2を備え、反応管2の下側には金属性の筒状のマニホールド21が設けられている。内管2aは上端が開口されており、マニホールド21に支持されている。外管2bは有天井に形成され、下端がマニホールド21

の上端に気密に接合されている。

【0021】反応管2内には、多数枚、例えば、150枚の被処理体を成すウエハW（製品ウエハ）が水平な状態で、上下に間隔をおいてウエハ保持具であるウエハポート23に棚状に配置されている。このウエハポート23は蓋体24の上に保温筒（断熱体）25を介して保持されている。

【0022】反応管2の周囲には、例えば、抵抗体より成るヒータ3が設けられている。ヒータ3は、5段に配置されたヒータ31～35から構成される。ヒータ31～35には、電力コントローラ36～40より、それぞれ独立して電力が供給される。反応管2、マニホールド21、ヒータ3により加熱炉が構成される。ヒータ31～35により、反応管内は、図3（a）に示すように5つのゾーンに分けられている。

【0023】また、マニホールド21には、内管2a内にガスを供給するように複数のガス供給管が設けられており、図1では、理解を容易にするため、3本のガス供給管41、42、43を示している。各ガス供給管41、42、43には、ガス流量を調整するためのマスフローコントローラ（MFC）などの流量調整部44、45、46を介してジクロルシラン、アンモニア、窒素がそれぞれ供給される。さらにマニホールド21には、内管2aと外管2bとの隙間から排気するように排気管27が接続されている。この排気管27は、図示しない真空ポンプに接続されている。排気管27には、反応管2内の圧力を調整するための、コンビネーションバルブ、バタフライバルブやバルブ駆動部などを含む圧力調整部28が設けられている。

【0024】内管2aの内面には、垂直方向に一列に5つの熱電対（温度センサ）Sin1～Sin5が配置されている。熱電対Sin1～Sin5は、半導体ウエハWの金属汚染を防止するため、例えば、石英のパイプ等によりカバーされており、図3（a）に示す5つのゾーンに対応してそれぞれ配置されている。

【0025】また、外管2bの外面には、垂直方向に一列に複数の熱電対（温度測定部）Sout1～Sout5が配置されている。熱電対Sout1～Sout5も、図3（a）に示す5つのゾーンに対応して、それぞれ配置されている。

【0026】この縦型熱処理装置は、反応管2内の処理雰囲気温度、ガス流量、圧力といった処理パラメータを制御するための制御部100を備えている。この制御部100は、熱電対Sin1～Sin5とSout1～Sout5の出力信号を取り込み、ヒータ31～35に接続された電力コントローラ36～40、圧力調整部28、流量調整部44～46に制御信号を出力する。

【0027】図2は、制御部100の構成を示す。図2に示すように、制御部100は、モデル記憶部111と、レシピ記憶部112と、ROM113と、RAM114と、I/Oポート115と、CPU116と、これ

らを相互に接続するバス117とから構成される。

【0028】モデル記憶部111には、モデルMが記憶されている。モデルMは、熱電対Sin1～Sin5とSout1～Sout5の出力信号（測定温度）及びヒータ31～35への供給電力（ヒータ31～35に接続された電力コントローラ36～40への制御信号に対応）からウエハポート23に載置されている各ゾーンのウエハWの温度と熱電対Sin1～Sin5の温度を推定し、さらに、推定した温度を目標値に設定するためにヒータ31～35に供給すべき電力を指示するために設計されたモデル（数学モデル；高次・多次元関数）を記憶している。このモデルMは、例えば、温度帯域別に用意されている。

【0029】レシピ記憶部112には、この熱処理装置で実行される成膜処理の種類に応じて、制御手順を定めるレシピが複数種類記憶されている。各レシピは、図3（b）に示すような、ゾーン別に設定された温度レシピを含んでいる。

【0030】ROM113は、EEPROM、フラッシュメモリ、ハードディスクなどから構成され、CPU116の動作プログラム等を記憶する記録媒体である。RAM114は、CPU116のワークエリアなどとして機能する。I/Oポート115は、熱電対Sin1～Sin5及びSout1～Sout5の測定信号をCPU116に供給すると共に、CPU116が出力する制御信号を各部へ出力する。また、I/Oポート115には、操作パネル118が接続されている。バス117は、各部の間で情報を伝達する。

【0031】CPU116は、DSPなどでもよく、ROM113に記憶された制御プログラムを実行し、操作パネル118からの指示に従って、レシピ記憶部112に記憶されているレシピに沿って、熱処理装置の動作を制御する。

【0032】具体的には、CPU116は、モデル記憶部111に記憶されているモデルMを読み出し、また、レシピ記憶部112に記憶されている複数のレシピの中から該当するものを選択して読み出す。そして、レシピに従って処理動作を実行する。

【0033】特に、この実施の形態においては、CPU116は、熱電対Sin1～Sin5及びSout1～Sout5からの測定値及び電力コントローラ36～40への指示値（ヒータ31～35への供給電力の値）等を取り込んで、モデルMにより、ゾーン1～ゾーン5のウエハWの温度と熱電対Sin1～Sin5の温度を推定する。

【0034】さらに、熱電対Sin1～Sin5の推定温度 $T_{Esin1} \sim T_{Esin5}$ と熱電対Sin1～Sin5が実際に測定した温度（自己の温度） $T_{Rsin1} \sim T_{Rsin5}$ とを比較し、両者の関係を求め、この関係を適用して、ウエハの推定温度 $T_{Ew1} \sim T_{Ew5}$ を校正する。そして、校正したウエハ温度 $T_{w1} \sim T_{w5}$ が、温度レシピが指示する値に一致するように、電力コントローラ36～40に、供給電

力を指示する。

【0035】また、CPU116は、通常の熱処理装置の制御と同様に、流量コントローラ44～46への指示、圧力調整部28への指示なども行う。

【0036】次に、上記構成のバッチ式熱処理装置による成膜処理について説明する。まず、ウエハポート23に、製品ウエハ（処理対象のウエハ）Wが載置される。このウエハポート23が反応管2内にロードされると、オペレータは、処理の開始を操作パネル118より指示する。CPU116は、指示に応答し、モデルMとレシピをモデル記憶部111とレシピ記憶部112からそれぞれ読み出す。

【0037】次に、読み出したレシピに従って、ヒータ3に通電して昇温を開始する。さらに、CPU116は、熱電対Sin1～Sin5及びSout1～Sout5の出力信号、及びヒータ電力（電力コントローラ36～40への制御信号に対応）を、読み出したモデルMに適用し、上段（ゾーン1）、中上段（ゾーン2）、中段（ゾーン3）、中下段（ゾーン4）、下段（ゾーン5）の5つのゾーンのウエハの温度 $T_{Ew1} \sim T_{Ew5}$ と、熱電対Sin1～Sin5の温度 $T_{Esin1} \sim T_{Esin5}$ とを推定（計算）する。

【0038】CPU116は、推定した熱電対Sin1～Sin5の温度 $T_{Esin1} \sim T_{Esin5}$ と熱電対Sin1～Sin5の出力信号が示す温度（実測値） $T_{Rsin1} \sim T_{Rsin5}$ とを比較し、比較結果に基づいて、ウエハの推定温度 $T_{Ew1} \sim T_{Ew5}$ を校正する。

【0039】校正手法は任意である。例えば、 $T_{Rsinm} = f_m(T_{Esinm})$ （但し、mは1, 2, 3, 4, 5）の関係が成立する関数 $f_m$ を求め、この関数 $f_m$ 内の $T_{Esinm}$ として、推定したウエハ温度 $T_{Ewm}$ を代入し、 $f_m(T_{Ewm})$ を校正されたウエハ温度とすることが可能である。

【0040】具体的には、例えば、熱電対Sin1～Sin5の実測温度 $T_{Rsin1} \sim T_{Rsin5}$ が、推定温度 $T_{Esin1} \sim T_{Esin5}$ に、所定のオフセット値 $\Delta offset1 \sim \Delta offset5$ を加算したような値である場合には、ウエハの推定温度 $T_{Ew1} \sim T_{Ew5}$ を $T_{Ew1} + \Delta offset1 \sim T_{Ew5} + \Delta offset5$ に修正して校正する。また、例えば、熱電対Sin1～Sin5の実測温度 $T_{Rsin1} \sim T_{Rsin5}$ が推定温度 $T_{Esin1} \sim T_{Esin5}$ に、所定の係数（倍率） $k1 \sim k5$ を乗算したような値である場合には、ウエハの推定温度 $T_{Ew1} \sim T_{Ew5}$ を $k1 \sim k5$ 倍するように修正して校正する。

【0041】さらに、数式1に示すような関係が成立するような場合には、数式2に示すように、校正を行ってもよい。

【数1】 $T_{Rsinm} = k_m \cdot T_{Esinm} - \Delta offsetm$

【数2】 $T_{wm} = k_m \cdot T_{Ewm} - \Delta offsetm$

【0042】なお、係数 $k1 \sim k5$ 、オフセット $\Delta offset1 \sim \Delta offset5$ を求める手法は任意であり、例えば、ノイ



ズの影響を除去するために、 $TR_{sin1} \sim TE_{sin5}$ 、及び  $TE_{sin1} \sim TE_{sin5}$  を積分して、係数  $k$  やオフセット  $\Delta$  offset を求めてもよい。

【0043】次に、このようにして校正したウエハ温度が全体として温度レシピが設定している温度の組み合わせに最も近づくように、刻一刻とヒータ31～35に供給する電力を電力コントローラ36～40を介して制御する。即ち、校正したウエハ温度に基づいて、ウエハ温度を適応（アダプティブ）制御する。

【0044】例えば、時刻  $t$  における5つのゾーンのウエハの校正済温度が  $Twt1$ 、 $Twt2$ 、 $Twt3$ 、 $Twt4$ 、 $Twt5$  であると計算され、レシピが指示する温度が  $Tt1$ 、 $Tt2$ 、 $Tt3$ 、 $Tt4$ 、 $Tt5$  である場合には、校正済温度と目標温度（レシピ指示温度）との差が全体として最も小さくなるように制御が行われる。例えば、最小2乗法を用いて、 $(Twt1 - Tt1)^2 + (Twt2 - Tt2)^2 + (Twt3 - Tt3)^2 + (Twt4 - Tt4)^2 + (Twt5 - Tt5)^2$  が最小になるように、ヒータ31～35に供給する電力を個々に制御する。

【0045】表現を変えれば、熱電対  $Sin1 \sim Sin5$  及び  $Sout1 \sim Sout5$  の出力信号及びヒータ31～35の電力に従って、各ゾーンのウエハWの温度を刻一刻と推測し、さらにこれを校正し、校正後のウエハ温度  $Twt1 \sim Twt5$  が、予め定められているレシピが指定する温度となるよう5つのヒータ31～35を個別に適応制御（アダプティブ制御）する。

【0046】昇温が終了すると、各ゾーン（上段、中上段、中段、中下段、下段）の温度をそれぞれ一定に維持するように適応制御を続ける。温度レシピが、図3

(b) に示す軌道であるとする、CPU116は、校正後のウエハ温度  $Twt1 \sim Twt5$  が、上段（ゾーン1）が852℃、中上段（ゾーン2）が850℃、中段（ゾーン3）が849℃、中下段（ゾーン4）が848℃、下段（ゾーン5）が846℃となるように制御する。

【0047】反応管2内の温度が安定するのに十分な時間が経過すると、反応管2に処理ガスを供給し、成膜を開始する。成膜処理の間も、上段、中上段、中段、中下段、下段の各ゾーンのウエハWの温度が全体として温度レシピの設定温度に最も近づくように温度制御を行う。このため、上段、中上段、中段、中下段、下段の各ゾーンのウエハWは、見かけ上、異なる温度で成膜処理が成される。ただし、モデル及びレシピが、均一な膜が形成できるように調整された値（成膜ガスの濃度や、ウエハの処理枚数や配置のばらつきの影響などを、熱に換算して調整された値）であるので、面間及び面内で比較的均一な厚さの膜が成長する。

【0048】成膜が終了すると、成膜ガスの供給を停止して、反応管2内を冷却する。冷却時にも、必要に応じて、ウエハの温度を推定し、さらに、推定値を校正する。処理完了後、処理済のウエハポート23をアンロー

ドする。

【0049】このバッチ式熱処理装置では、制御部100内に、ウエハWの温度と温度センサ  $Sin1 \sim Sin5$  の温度とを推定するためのモデルとレシピが予め用意されている。従って、何らかの原因により、制御部100が推定するウエハ温度が実際の温度からずれてしまう場合でも、そのずれを校正して、校正済みのウエハ温度を用いて、適応制御により適切に成膜処理（熱処理）を行うことができる。この適応制御により、ヒータ3を適切に制御することができる。

【0050】また、膜厚が面間及び面内で均一となるように温度レシピがゾーン毎に調整されているので、ガスの流れ、ガス密度の分布、温度勾配等による膜厚の差の発生を抑えることができる。

【0051】また、 $\Delta offset1 \sim \Delta offset5$  の平均値  $\Delta Tave$  や係数  $k1 \sim k5$  の平均値  $kave$  を求め、推測したウエハの温度  $TEwm$  を、例えば、 $kave \cdot TEwm - \Delta Tave$  に修正して校正してもよい。

【0052】次に、モデルとレシピの設計手法について、説明する。モデルは、熱電対  $Sin1 \sim Sin5$  及び  $Sout1 \sim Sout5$  の出力（測定値）及びヒータ31～35への供給電力などから、各ゾーンのウエハWの温度を推測し、さらに、推測した5つの温度を全体として目的温度に近接させるために、ヒータ31～35に供給する電力を特定可能な数学モデルであるならば任意のモデル（多変数、多次元、多出力関数）を利用可能である。このようなモデルとしては、例えば、米国特許第5,517,594号公報に開示されたモデルを使用することができる。

【0053】以下、米国特許第5,517,594号公報に開示されたモデルを例に説明する。まず、図1に示す熱処理装置に、中心と中心から例えば6mm離れた位置とに熱電対  $Swc$  と  $Swe$  を組み込んだ5枚のテスト用ウエハを用意する。次に、これらの5枚のテスト用ウエハが、図3(a)の5つのゾーンに1つずつ位置するように、テスト用ウエハと通常のウエハとをウエハポート23に載置する。次に、このウエハポート23を反応管2にロードする。次に、ヒータ31～35に高周波帯域の信号及び低周波帯域の信号を印加し、熱電対  $Sin1 \sim Sin5$  及び  $Sout1 \sim Sout5$  の出力、テスト用ウエハ上の熱電対  $Swc$  と  $Swe$  の出力（ウエハ温度）、ヒータに供給される電流などのデータを、例えば、1～5秒のサンプリング周期で取得する。

【0054】次に、一定の温度範囲、例えば400℃～1100℃の範囲で、100℃間隔で温度帯域を設定する（広温度帯域を1つのモデルでカバーすると温度の推定などが不正確になってしまうため）。取得したデータから、各温度帯域について、数式3に示すARX（自動回帰）モデルを設定する。

【0055】



【数3】  $y_t + AA_1 y_{t-1} + AA_2 y_{t-2} + \dots + AA_n y_{t-n} = BB_1 u_{t-1} + BB_2 u_{t-2} + \dots + BB_n u_{t-n} + e_t$

$y_t$  : 時点  $t$  での以下の内容を成分とする  $p$  行 1 列のベクトル

内容 : 熱電対  $S_{in1} \sim S_{in5}$  の出力の平衡温度  $y_{bias}$  からの変動量 (この例では 5 成分)、熱電対  $S_{out1} \sim S_{out5}$  の出力の平衡温度  $y_{bias}$  からの変動量 (この例では 5 成分)、ウエハの中心部にセットした熱電対  $S_{wc}$  の出力の平衡温度  $y_{bias}$  からの変動量 (この例では 5 つ)、ウエハの周縁部にセットした熱電対  $S_{we}$  の出力の平衡温度  $y_{bias}$  からの変動量 (この例では 5 つ)。従って、この例では、 $y_t$  は 20 行 1 列のベクトルとなる。

$u_t$  : 時点  $t$  でのヒータ電力平衡値  $u_{bias}$  からの変動量

$$A = \begin{bmatrix} -AA_1 & I_p & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -AA_n & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} BB_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ BB_n \end{bmatrix}$$

$$Kf = \begin{bmatrix} -AA_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ -AA_n \end{bmatrix}$$

$$C = [I_p \cdots 0]$$

$AA_1, \dots, BB_n$  は、数式 3 の係数で、最小二乗法によって求められる

【0058】ここから、熱電対 ( $S_{in1} \sim S_{in5}$ ,  $S_{out1} \sim S_{out5}$ )、温度  $T_{thermo}$ 、ヒータ電力  $u_t$  からウエハ温度を推測するモデルを求める。数式 3 の出力  $y_t$  を測定可能部分  $S_t$  ( $P_1$  行 1 列) とウエハ温度  $W_t$  ( $P_2$  行 1 列) に分ける。それに応じて、 $C$  を  $C_S$  と  $C_W$  に分割し、 $y_{bias}$  を  $S_{bias}$  と  $W_{bias}$  に分割する。ウエハ温度モデルは数式 5 により計算される。

【0059】

【数5】  $X_{t+1} = AX_t + BU_t + k_f e_t$

$S_t = C_S X_t + [I_{P_1}, 0] e_t$

上式に対して適切なりカッチ方程式を解き、フィードバックゲイン  $L$  を求めると、ウエハ温度モデルは数式 6 で示すようになる。

【0060】

【数6】  $X_{t+1} = AX_t + B(U_t + u_{bias}) + L(T$

を成分とする  $m$  行 1 列のベクトル (この例では、ヒータが 5 ゾーンのため、5 行 1 列)。

$e_t$  : ホワイトノイズを成分とする  $m$  行 1 列のベクトル。

$n$  : 遅れ (例えば 8)。

$AA_1 \sim AA_n$  :  $p$  行  $p$  列の行列 (この例では、20 行 20 列)。

$BB_1 \sim BB_n$  :  $p$  行  $m$  列の行列 (この例では、20 行 5 列)。

【0056】ここで、各係数  $AA_1 \sim AA_n$  と  $BB_1 \sim BB_n$  を、最小二乗法などを用いて決定する。

【0057】求められた ARX モデルを空間状態方程式で表現すると、数式 4 で示すようになる。

【数4】

$thermo - C_S X_t + S_{bias}$   $T_{model}$ ,  $t = C_W X_t + W_{bias}$   
ここで、 $T_{model}$ 、 $t$  が予測ウエハ温度である。

【0061】次に、テスト用ウエハを用いてウエハ温度を再度測定する。数式 6 に基づいて推定されたウエハ温度  $T_{model}$  と実測値  $T_{water}$  を比較し、モデルをチューニングする。このチューニング動作を必要に応じて複数回繰り返す。

【0062】実際の成膜形の処理速度を向上するため、作成したモデルの次数を 10 次程低次元化し、熱処理装置に実装する。

【0063】一方、CPU 116 の動作プログラムに関しては、温度の設定値から推測したウエハ温度の変動の時間平均を最小化するように動作を設定する。

【0064】さらに、成膜処理の種類に応じて、各ゾーン内で均一な成膜が可能となるような温度目標軌道  $T_{tr}$

$a_j(t)$ 、すなわち、温度レシピを設計する。続いて、5つのゾーンが全てこの温度目標軌道を追従するように制御を行ってテスト的に成膜処理を実行する。処理後、成膜された膜の厚さを測定し、膜厚のばらつき等をチェックする。

【0065】例えば、上段のウエハの膜厚が下段のウエハの膜厚よりも小さい場合、直接的な原因は不明でも、上段の温度を相対的に上昇させることにより、膜厚をほぼ等しくすることができる。そこで、最小二乗法等を用いて、ばらつきが最も小さくなるように、温度目標軌道  $T_{traj}(t)$  を修正する。これが、図3(b)に示すようなゾーン毎の温度レシピである。この温度レシピをさらにチューニングすることも可能である。

【0066】このようにして、ウエハの処理枚数及びその配置に応じて、ウエハの温度推定及びウエハ温度を目標温度とするための出力を定義するモデルと、レシピがそれぞれ設定され、モデル記憶部111とレシピ記憶部112に記憶される。

【0067】その後、実際の成膜時に、これらのモデル及びレシピは適宜選択されまた読み出されて制御に使用される。

【0068】以上、この発明の実施の形態に係るバッチ式の熱処理装置及びその適応制御方法、さらに、制御に使用するモデル及びレシピの設計手法を説明したが、この発明は上記実施の形態に限定されず種々の変形及び応用が可能である。例えば、上記実施の形態では、窒化膜形成用の熱CVD装置を例にこの発明を説明したが、処理の種類は任意であり、他種類の膜を形成するCVD装置、酸化装置、エッチング装置、等の様々なバッチ式熱処理装置に適用可能である。ただし、種類毎に、モデルとレシピを設計する。

【0069】また、機器構成や動作も上記実施の形態に限定されない。例えば、上記実施の形態では、ヒータの数を5つとし、反応管2内のゾーンを5つとしたが、ヒータの数や温度ゾーンの数には任意である。また、ヒータは、電気抵抗型のものに限定されず、ランプなどでもよい。また、温度を測定するための構成も熱電対に限定さ

れず、任意の温度センサを適用可能である。

【0070】また、モデルやその設計手法も、米国特許5,517,594に開示されたモデルやその設計手法に限定されるものではなく、任意のモデル及び任意の設計手法を採用可能である。また、全ての装置について、モデルを個々に設計するのは煩雑であり、同一仕様の熱処理装置について1つのモデル及び／又はレシピを作成し、これを装置毎に最適化処理することにより、モデル及びレシピを共通化してもよい。この方法によれば、モデルの作成とチューニングを効率よく行うことができる。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、バッチ式の熱処理装置において、加熱炉内に処理枚数や配置が異なる被処理体が収容された場合でも、適切に処理を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態に係る熱処理装置の構造を示す図である。

【図2】制御部の構成例を示すブロック図である。

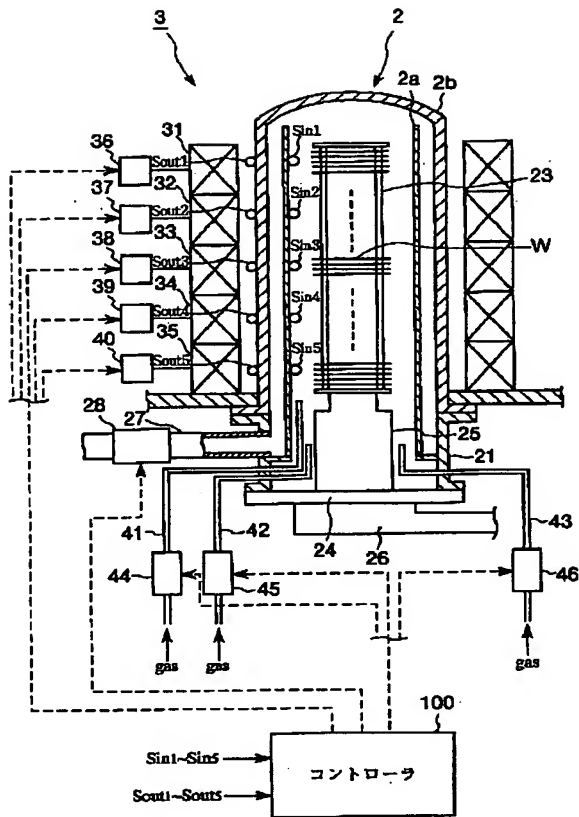
【図3】(a)は反応管内のゾーンを示し、(b)はゾーン別の目標温度軌道の例を示す図である。

【図4】従来の熱処理装置の構成図である。

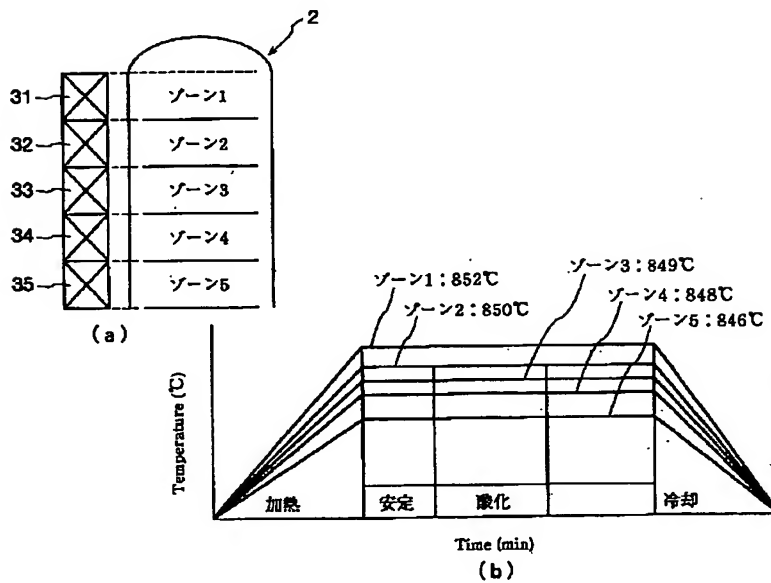
【符号の説明】

2	反応管
3	ヒータ
21	マニホールド
23	ウエハポート
24	蓋体
25	保温筒（断熱体）
31	上段ヒータ
32	上中断ヒータ
33	中段ヒータ
34	下中段ヒータ
35	下段ヒータ
36～40	電力コントローラ

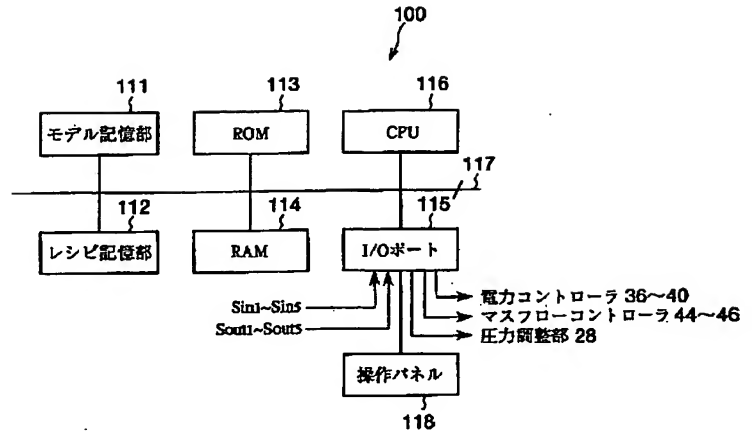
【図1】



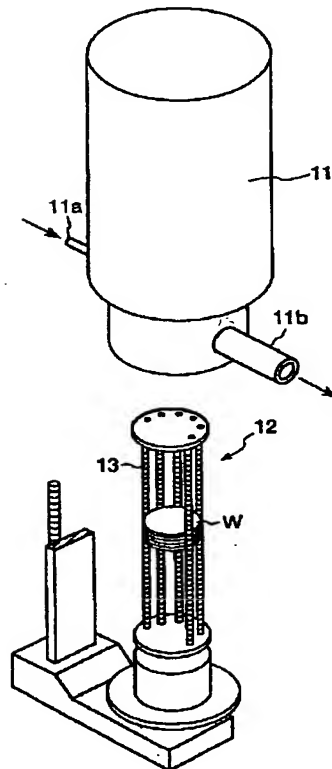
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

- (72) 発明者 鈴木 富士雄  
神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41  
号 東京エレクトロン東北株式会社相模事  
業所内
- (72) 発明者 安原 もゆる  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレ  
クトロン株式会社内

Fターム(参考) 4K056 AA09 BB03 CA10 FA04 FA13  
4K061 AA01 BA09 CA08 DA05 FA07  
GA02  
5F045 AA03 AB33 AC03 AC12 AC15  
DP19 DQ04 EK06 GB05 GB17  
5H323 AA05 BB01 CA01 CB02 DA01  
EE05 FF10 GG02 HH02 HH05  
KK05 LL12 LL23

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-091574

(43)Date of publication of application : 29.03.2002

(51)Int.Cl.

G05D 23/19  
F27B 5/18  
F27D 19/00  
H01L 21/205  
H01L 21/22

(21)Application number : 2000-278526

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 13.09.2000

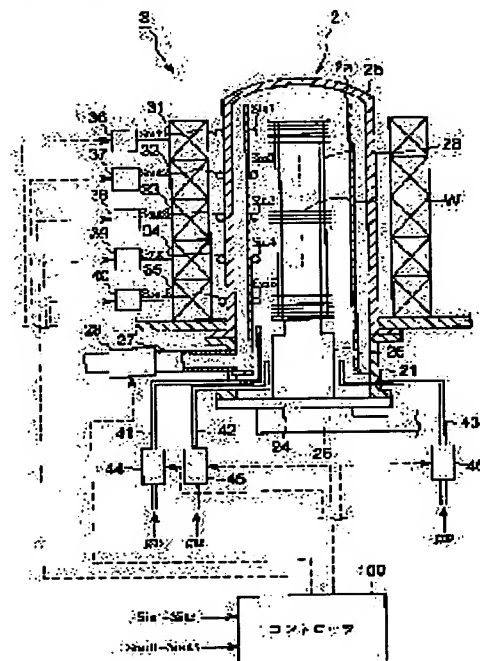
(72)Inventor : O BUNRYO  
SAKAMOTO KOICHI  
SUZUKI FUJIO  
YASUHARA MOYURU

## (54) BATCH TYPE HEAT TREATMENT EQUIPMENT AND ITS CONTROL METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To estimate an accurate temperature for a heat treatment equipment by estimating the temperature of a substance to be treated in order to perform the heat treatment of the substance.

**SOLUTION:** A reactive pipe 2 is provided with heaters 31-35, temperature sensors Sin1-Sin5 and Sout1-Sout5 and houses a wafer boat 23. A control part 100 estimates the temperatures of wafers W of five zones corresponding to the heaters 31-35 of the pipe 2 and also the temperatures of sensors Sin1-Sin5 by means of the electric power of the sensors Sin1-Sin5, Sout1-Sout5 and the heaters 31-35. The functions f1-f5 showing the relation between the estimated temperature and actual temperature of every zone are calculated from the relation of estimated and actual temperatures among sensors Sin1-Sin5. The estimated wafer temperatures are substituted for the functions f1-f5 for correcting the wafer temperatures. The electric power supplied to the heaters 31-35 are individually controlled so that the corrected wafer temperatures are converged on a target temperature track.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The heating furnace which is equipped with two or more heaters and two or more temperature sensors, and holds a processed object in the interior, The memory which memorizes the model for presuming the temperature of the processed object in said heating furnace, and the temperature of said temperature sensor itself from the output of said temperature sensor, The 1st temperature presumption section which presumes the temperature of the processed object in said heating furnace from the output of said temperature sensor using a model, The 2nd temperature presumption section which presumes the temperature of said temperature sensor itself using said model, The proofreading section which proofreads the temperature which said 1st temperature presumption section presumed based on the temperature which the output of said temperature sensor shows, and the temperature of said temperature sensor which said 2nd temperature presumption section presumed, The batch type thermal treatment equipment characterized by what it has the control means which controls said two or more heaters for according to the temperature proofread by said proofreading section.

[Claim 2] Said proofreading section is a batch type thermal treatment equipment according to claim 1 characterized by what it has a means to proofread the temperature which the 1st temperature presumption section presumed for by asking for the relation between the temperature which said 2nd temperature presumption section presumed, and the temperature which the output of said temperature sensor shows, and applying the temperature which said 1st temperature presumption section presumed in this relation.

[Claim 3] Said proofreading section is a batch type thermal treatment equipment according to claim 1 or 2 characterized by what offset of the temperature which said temperature sensor when being based on the temperature which said 2nd temperature presumption section presumed shows is searched for, and it has a means to proofread the temperature which the 1st temperature presumption section presumed added this offset for.

[Claim 4] Said proofreading section proofreads by asking for the scale factor of the actual measurement of said temperature sensor to the temperature which said 2nd temperature presumption section presumed, and carrying out the multiplication of this scale factor to the temperature which the 1st temperature presumption section presumed. The batch type thermal treatment equipment according to claim 1, 2, or 3 characterized by things.

[Claim 5] Said model is a model for presuming the temperature of the processed object in said heating furnace, and the temperature of said temperature sensor itself further to be the outputs of said temperature sensor from the power of said heater. Said 1st temperature presumption section presumes the temperature of the processed object in said heating furnace from the output of said temperature sensor, and the power of two or more of said heaters. Said 2nd temperature presumption section A batch type thermal treatment equipment given in claim 1 characterized by what the temperature of said temperature sensor is presumed for from the output of said temperature sensor, and the power of two or more of said heaters thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] Said model is a batch type thermal treatment equipment given in claim 1 characterized by what the model for controlling a heater is included for in order to bring the temperature of the presumed processed object close to desired value thru/or any 1 term of 5.

[Claim 7] Said control means is a batch type thermal treatment equipment given in claim 1 characterized by what the temperature of said processed object is presumed and said heater is controlled for according to this estimate based on said model so that it may have a recipe storage means memorize the recipe which shows the temperature change which should be given to a processed object and may change according to the recipe with which the temperature of said processed object was memorized by said recipe storage means thru/or any 1 term

of 6.

[Claim 8] It is the batch type thermal treatment equipment according to claim 7 which said recipe storage means memorizes the recipe corrected according to the zone of the plurality of the array direction of a processed object in said heating furnace, and is characterized by what said control means controls said heater for according to the recipe of each zone.

[Claim 9] Said control means is a batch type thermal treatment equipment according to claim 8 characterized by what said heater is controlled for so that dispersion in the group of the temperature which the recipe of the group of presumed wafer temperature and two or more of said zones which the proofreading means proofread directs may serve as min.

[Claim 10] It is the control approach of a batch type thermal treatment equipment of having the heating furnace which is equipped with two or more heaters and two or more temperature sensors, and holds a processed object in the interior. From the output of said temperature sensor, the model for presuming the temperature of the processed object in said heating furnace and the temperature of the temperature sensor itself [ this ] is memorized. The temperature which presumes the temperature of the processed object in said heating furnace, and the temperature of said temperature sensor itself, and the output of said temperature sensor shows from the output of said temperature sensor using said model, The control approach of the batch type thermal treatment equipment characterized by what the temperature of the temperature sensor presumed using said model is measured, the presumed temperature of a processed object is proofread using said model according to a comparison result, and said two or more heaters are controlled for according to the presumed temperature of the proofread processed object.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention presumes the temperature of the semi-conductor wafer held especially about the batch type thermal treatment equipment which bundles up several processed many objects, such as a semi-conductor wafer, and heat-treats them, and relates to the batch type thermal treatment equipment and its control approach of the adaptive control mold which performs optimal control based on a presumed result.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a batch type thermal treatment equipment performed by putting in block heat treatment of membrane formation processing, oxidation treatment, or diffusion process to many semi-conductor wafers, the horizontal-type thermal treatment equipment and the vertical mold thermal treatment equipment are known, and, recently, the reasons of there being little atmospheric contamination to a vertical mold thermal treatment equipment is becoming in use.

[0003] Drawing 4 is drawing showing the appearance of a vertical mold thermal treatment equipment, and this equipment is equipped with the heating furnace 11 of a vertical mold, and the wafer boat 12 which is a wafer holder. A heating furnace 11 forms a heater in the perimeter of the coil of a vertical mold, and is constituted, and gas supply line 11a and exhaust pipe 11b are connected.

[0004] a wafer boat 12 is a processed object by having two or more stanchions 13 and supporting the periphery section of Wafer W into the slot formed in each strut 13 -- many -- it is constituted so that several wafers W may be held in a predetermined pitch ledged. a wafer boat 12 -- many -- after holding several wafers W, it is carried in by baud TOREBETA in a heating furnace 11 through lower part opening of a heating furnace 11, and predetermined heat treatment is performed to Wafer W.

[0005] In the control system of such a thermal treatment equipment, for example, according to the class of thin film which should form membranes, thickness, etc., processing conditions (desired value of a processing parameter), such as processing temperature, processing pressure force, and a quantity of gas flow, are decided, and two or more preparation of the recipe which wrote in these processing conditions is carried out. And when each operator chooses the recipe according to the class and thickness of a thin film, a thermal treatment equipment is operated based on the processing conditions defined beforehand.

[0006] A thermal treatment equipment processes controlling to make it in agreement with the desired value as which processing conditions, such as processing temperature, processing pressure force, and a quantity of gas flow, were determined to the recipe. In order to perform these processings appropriately, it is necessary to measure the temperature of a wafer, the pressure in a heating furnace, a quantity of gas flow, etc.

[0007] The pressure in a heating furnace can measure a quantity of gas flow comparatively correctly with the massflow controller containing the flowmeter arranged at the supply pipe etc. by the pressure gage. However, about the temperature of a wafer, measurement is difficult. For example, although the technique which equips a wafer with a temperature sensor and is contained in a heating furnace is also considered, a semiconductor device cannot be formed in a temperature sensor wearing part, but further, the whole inside of a heating furnace is polluted and there is a possibility of reducing the yield of a semiconductor device. Moreover, although measuring the temperature of the ambient atmosphere around a wafer is also considered, by this technique, temperature of a wafer cannot be measured correctly.

[0008] The technique which can solve these problems is indicated by for example, the U.S. Pat. No. 5,517,594 official report. This technique is a technique which arranges two or more temperature sensors to a heating

furnace, presumes the temperature of a wafer every moment using a figure model based on the output of this temperature sensor, the supply voltage to a heater, etc., and controls heater power using estimate. According to this technique, without causing metal contamination etc., temperature of a wafer can be measured by non-contact comparatively correctly (presumption), and a thermal treatment equipment can be controlled.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It may shift from the difference between the equipment used also with this technique when, creating actual equipment and an actual mathematical model for example, or an environment, and temperature with the actual temperature further presumed by the mathematical model according to the difference in a process etc. (count). In this case, heater power will be controlled based on the mistaken wafer temperature, and a request cannot be processed to a wafer.

[0010] This invention is accomplished under such a situation and is to presume the temperature of a processed object and enable presumption of exact temperature of it in the thermal treatment equipment which heat-treats based on the presumed temperature, and its control approach using a mathematical model. Moreover, this invention aims at offering the batch type thermal treatment equipment which can manufacture the semiconductor device excellent in dependability and the yield, and its control approach.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the batch type thermal treatment equipment concerning the 1st viewpoint of this invention The heating furnace which is equipped with two or more heaters and two or more temperature sensors, and holds a processed object in the interior, The memory which memorizes the model for presuming the temperature of the processed object in said heating furnace, and the temperature of said temperature sensor itself from the output of said temperature sensor, The 1st temperature presumption section which presumes the temperature of the processed object in said heating furnace from the output of said temperature sensor using a model, The 2nd temperature presumption section which presumes the temperature of said temperature sensor itself using said model, The comparator which measures the temperature which the output of said temperature sensor shows, and the temperature of said temperature sensor which said 2nd temperature presumption section presumed, According to the comparison result of a comparator, it is characterized by what it has for the proofreading section which proofreads the temperature which said 1st temperature presumption section presumed, and the control means which controls said two or more heaters according to the temperature proofread by said proofreading section.

[0012] According to this invention, while surveying temperature of a temperature sensor, it presumes using a model. Therefore, it can ask for the relation between the presumed temperature and actual temperature. By using a common model for presumption of the temperature of a processed object and a temperature sensor, the relation between the observation temperature of a temperature sensor and presumed temperature is applied also somewhat like the relation between the actual temperature of a processed object, and presumed temperature, and it gets. Therefore, by applying this relation etc. to the presumed temperature of a processed object etc., the presumed temperature of a processed object can be proofread, the temperature of a processed object can be searched for almost correctly, and a heater can be controlled using this.

[0013] Said proofreading section is equipped with a means to proofread the temperature which the 1st temperature presumption section presumed, by asking for the relation  $f$  between the temperature which said 2nd temperature presumption section presumed, and the temperature which the output of said temperature sensor shows for example, and applying the temperature which said 1st temperature presumption section presumed in this relation  $f$ . Specifically, said proofreading section proofreads by searching for offset (for example, offset = observation temperature-presumption temperature) of the temperature which said temperature sensor when, for example, being based on the temperature which said 2nd temperature presumption section presumed surveyed, and adding this offset to the temperature of the processed object which the 1st temperature presumption section presumed. Or said proofreading section proofreads by asking for the scale factor  $k$  of the actual measurement of said temperature sensor to the temperature which said 2nd temperature presumption section presumed ( $k$  = actual measurement / estimate) for example, and carrying out the multiplication of this scale factor to the temperature which the 1st temperature presumption section presumed.

[0014] Said model contains the model for controlling a heater, in order to, bring the temperature of the presumed processed object close to desired value for example.

[0015] Said model is a model for presuming the temperature of the processed object in said heating furnace, and

the temperature of said temperature sensor itself further to be the outputs of said temperature sensor from the power of said heater, for example. In this case, said 1st temperature presumption section presumes the temperature of the processed object in said heating furnace from the output of said temperature sensor, and the power of two or more of said heaters, and said 2nd temperature presumption section presumes the temperature of said temperature sensor from the output of said temperature sensor, and the power of two or more of said heaters.

[0016] To have a recipe storage means to memorize the recipe which shows the temperature change which should be given to a processed object, and to change according to the recipe with which the temperature of said processed object was memorized by said recipe storage means, based on said model, said control means presumes the temperature of said processed object, and controls said heater according to this estimate.

[0017] Said recipe storage means memorizes the recipe corrected according to the zone of the plurality of the array direction of a processed object in said heating furnace, and said control means controls said heater according to the recipe of each zone.

[0018] Said control means controls said heater so that dispersion in the group of the temperature which the recipe of the group of presumed wafer temperature and two or more of said zones which for example, the proofreading means proofread directs serves as min.

[0019] In order to attain the above-mentioned purpose, the control approach of the batch type thermal treatment equipment concerning the 2nd viewpoint of this invention It is the control approach of a batch type thermal treatment equipment of having the heating furnace which is equipped with two or more heaters and two or more temperature sensors, and holds a processed object in the interior. From the output of said temperature sensor, the model for presuming the temperature of the processed object in said heating furnace and the temperature of the temperature sensor itself [ this ] is memorized. The temperature which presumes the temperature of the processed object in said heating furnace, and the temperature of said temperature sensor itself, and the output of said temperature sensor shows from the output of said temperature sensor using said model, The temperature of the temperature sensor presumed using said model is measured, and according to a comparison result, using said model, the presumed temperature of a processed object is proofread and it is characterized by what said two or more heaters are controlled for according to the presumed temperature of the proofread processed object.

[0020]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of the operation which applied the batch type thermal treatment equipment of this invention to the vertical mold thermal treatment equipment is explained. As this vertical mold thermal treatment equipment is shown in drawing 1 , it has the coil 2 of the double pipe structure which consists of inner-tube 2a and outer-tube 2b which were made from the quartz, and the metallic tubed manifold 21 is formed in the coil 2 bottom. Opening of the upper limit is carried out and inner-tube 2a is supported by the manifold 21. Outer-tube 2b is formed in owner head lining, and the lower limit is airtightly joined to the upper limit of a manifold 21.

[0021] the inside of a coil 2 -- many -- in the level condition, the wafer W (product wafer) which constitutes the processed object of several sheets, for example, 150 sheets, sets spacing up and down, and is arranged ledged at the wafer boat 23 which is a wafer holder. This wafer boat 23 is held through the heat insulating mould (heat-insulating element) 25 on the lid 24.

[0022] The heater 3 which consists of a resistor is formed in the perimeter of a coil 2. A heater 3 consists of heaters 31-35 arranged in five steps. Power is supplied independently to heaters 31-35 from the power controllers 36-40, respectively. A heating furnace is constituted by a coil 2, a manifold 21, and the heater 3. At heaters 31-35, a reaction within the pipe one is divided into five zones, as shown in drawing 3 (a).

[0023] Moreover, two or more gas supply lines are prepared in the manifold 21 so that gas may be supplied in inner-tube 2a, and by drawing 1 , in order to make an understanding easy, three gas supply lines 41, 42, and 43 are shown. A dichloro silane, ammonia, and nitrogen are supplied to each gas supply lines 41, 42, and 43 through the flow control sections 44, 45, and 46, such as a massflow controller (MFC) for adjusting a quantity of gas flow, respectively. Furthermore, the exhaust pipe 27 is connected to the manifold 21 so that it may exhaust from the clearance between inner-tube 2a and outer-tube 2b. This exhaust pipe 27 is connected to the vacuum pump which is not illustrated. The pressure regulation section 28 which contains a combination bulb, a butterfly valve, a bulb mechanical component, etc. for adjusting the pressure in a coil 2 in an exhaust pipe 27 is

formed.

[0024] In the inside of inner-tube 2a, five thermocouples (temperature sensor) Sin1-Sin5 are arranged perpendicularly at the single tier. In order to prevent metal contamination of the semi-conductor wafer W, thermocouples Sin1-Sin5 are covered with the pipe of a quartz etc., and are arranged corresponding to five zones shown in drawing 3 (a), respectively.

[0025] Moreover, two or more thermocouples (thermometry section) Sout1-Sout5 are arranged perpendicularly at the single tier at the external surface of outer-tube 2b. Thermocouples Sout1-Sout5 are also arranged corresponding to five zones shown in drawing 3 (a), respectively.

[0026] This vertical mold thermal treatment equipment is equipped with the control section 100 for controlling processing parameters, such as temperature of the processing ambient atmosphere in a coil 2, a quantity of gas flow, and a pressure. This control section 100 incorporates thermocouples Sin1-Sin5 and the output signal of Sout1-Sout5, and outputs a control signal to the power controllers 36-40 connected to heaters 31-35, the pressure regulation section 28, and the flow control sections 44-46.

[0027] Drawing 2 shows the configuration of a control section 100. As shown in drawing 2, a control section 100 consists of the model storage section 111, the recipe storage section 112, ROM113 and RAM114, I/O Port 115, CPU116, and a bus 117 that connects these mutually.

[0028] Model M is memorized by the model storage section 111. Model M Thermocouples Sin1-Sin5 and the output signal of Sout1-Sout5 The temperature of the wafer W of each zone currently laid in the wafer boat 23 from the supply voltage (it corresponds to the control signal to the power controllers 36-40 connected to heaters 31-35) to heaters 31-35 and the temperature of thermocouples Sin1-Sin5 are presumed. (Measurement temperature) And further The model (mathematical model; a high order and many dimension functions) designed in order to direct the power which should be supplied to heaters 31-35 in order to set the presumed temperature as desired value is memorized. This model M is prepared for example, according to the temperature zone region.

[0029] According to the class of membrane formation processing performed with this thermal treatment equipment, two or more kinds of recipes which define a control procedure are memorized by the recipe storage section 112. Each recipe contains the temperature recipe set up according to the zone as shown in drawing 3 (b).

[0030] ROM113 is a record medium which consists of an EEPROM, a flash memory, a hard disk, etc., and memorizes the program of CPU116 of operation etc. RAM114 functions as a work area of CPU116 etc. I/O Port 115 outputs the control signal which CPU116 outputs to each part while supplying thermocouples Sin1-Sin5 and the measurement signal of Sout1-Sout5 to CPU116. Moreover, the control panel 118 is connected to I/O Port 115. A bus 117 transmits information between each part.

[0031] DSP etc. is sufficient as CPU116, and it performs the control program memorized by ROM113, and controls actuation of a thermal treatment equipment along with the recipe memorized by the recipe storage section 112 according to the directions from a control panel 118.

[0032] Specifically, CPU116 chooses and reads what corresponds [ from ] among two or more recipes which read the model M memorized by the model storage section 111, and are memorized by the recipe storage section 112. And processing actuation is performed according to a recipe.

[0033] Especially, in the gestalt of this operation, CPU116 incorporates thermocouples Sin1-Sin5, the measured value from Sout1-Sout5, the indicated value (value of the supply voltage to heaters 31-35) to the power controllers 36-40, etc., and presumes the temperature of the wafer W of a zone 1 - a zone 5, and the temperature of thermocouples Sin1-Sin5 with Model M.

[0034] Furthermore, the presumed temperature  $TE_{sin1-TE_{sin5}}$  of thermocouples Sin1-Sin5 and the temperature (self temperature)  $TR_{sin1-TR_{sin5}}$  which thermocouples Sin1-Sin5 actually measured are measured, it asks for both relation, this relation is applied, and the presumed temperature  $TE_{w1-TE_{w5}}$  of a wafer is proofread. And the proofread wafer temperature  $Tw1-Tw5$  directs a supply voltage for the power controllers 36-40 so that it may be in agreement with the value which a temperature recipe directs.

[0035] Moreover, CPU116 performs the directions to flow controllers 44-46, the directions to the pressure regulation section 28, etc. like control of the usual thermal treatment equipment.

[0036] Next, the membrane formation processing by the batch type thermal treatment equipment of the above-mentioned configuration is explained. First, the product wafer (wafer of a processing object) W is laid in a

wafer boat 23. If this wafer boat 23 is loaded in a coil 2, an operator directs initiation of processing from a control panel 118. CPU116 answers directions and reads Model M and a recipe from the model storage section 111 and the recipe storage section 112, respectively.

[0037] Next, according to the read recipe, it energizes at a heater 3 and a temperature up is started. CPU116 Furthermore, thermocouples Sin1-Sin5 and the output signal of Sout1-Sout5, And heater power (it corresponds to the control signal to the power controllers 36-40) It applies to the read model M. The temperature TEw1-TEw5 of the wafer of five zones, an upper case (zone 1), the Nakagami stage (zone 2), the middle (zone 3), the Nakashita stage (zone 4), and the lower berth (zone 5), Temperature TESin1-TEsin5 of thermocouples Sin1-Sin5 is presumed (count).

[0038] CPU116 measures the temperature TESin1-TEsin5 of the presumed thermocouples Sin1-Sin5, and the temperature (actual measurement) TRsin1-TRsin5 which the output signal of thermocouples Sin1-Sin5 shows, and proofreads the presumed temperature TEw1-TEw5 of a wafer based on a comparison result.

[0039] The proofreading technique is arbitrary. For example, it is possible to consider as the wafer temperature which it asked [ temperature ] for the function fm with which the relation of  $TRsinm = fm$  (however, m 1, 2, 3, 4, 5) (TESinm) is materialized, and the presumed wafer temperature TEwm was substituted [ temperature ] as TESinm in this function fm, and had fm (TEwm) proofread.

[0040] When the observation temperature TRsin1-TRsin5 of thermocouples Sin1-Sin5 is the values which added the predetermined offset values delta offset1-delta offset5 to the presumed temperature TESin1-TEsin5, the presumed temperature TEw1-TEw5 of a wafer is corrected to  $TEw1 + \text{deltaoffset1} - TEw5 + \text{deltaoffset5}$ , and, specifically, is proofread. Moreover, for example, when the observation temperature TRsin1-TRsin5 of thermocouples Sin1-Sin5 is the values which carried out the multiplication of the predetermined multipliers (scale factor) k1-k5 to the presumed temperature TESin1-TEsin5, it corrects and proofreads so that the presumed temperature TEw1-TEw5 of a wafer may be doubled k1-k5.

[0041] Furthermore, when relation as shown in a formula 1 is materialized, as shown in a formula 2, you may proofread.

[Equation 1]  $TRsinm = km - TESinm - \text{delta offsetm}$  -- [Equation 2]  $Twm = km - TEwm - \text{delta offsetm}$  [0042] In addition, multipliers k1-k5 and the technique of searching for offset delta offset1-delta offset5 are arbitrary, for example, in order to remove the effect of a noise, may integrate with TRsin1-TEsin5, and TESin1-TEsin5, and may calculate a multiplier k and offset deltaoffset.

[0043] Next, the power supplied to heaters 31-35 every moment is controlled through the power controllers 36-40 so that the wafer temperature which carried out in this way and was proofread approaches most the combination of the temperature which the temperature recipe has set up as a whole. That is, based on the proofread wafer temperature, adaptation (adaptive) control of the wafer temperature is carried out.

[0044] For example, it is calculated that the proofread temperature of the wafer of five zones in time of day t is Twt1, Twt2, Twt3, Twt4, and Twt5, and when the temperature which a recipe directs is Tt1, Tt2, Tt3, Tt4, and Tt5, control is performed so that the difference of proofread temperature and target temperature (recipe indicated temperature) may become as a whole the smallest. For example, using the least square method, the power supplied to heaters 31-35 is separately controlled so that  $2(Twt1 - Tt1) + (Twt2 - Tt2)^2 + (Twt3 - Tt3)^2 + (Twt4 - Tt4)^2 + (Twt5 - Tt5)^2$  becomes min.

[0045] If an expression is changed, according to thermocouples Sin1-Sin5, the output signal of Sout1-Sout5, and the power of heaters 31-35, the temperature of the wafer W of each zone will be guessed every moment, this will be proofread further, and adaptive control (adaptive control) of the five heaters 31-35 will be carried out according to an individual so that the wafer temperature Tw1-Tw5 after proofreading may turn into temperature specified by the recipe defined beforehand.

[0046] Termination of a temperature up continues adaptive control so that the temperature of each zone (an upper case, the Nakagami stage, the middle, the Nakashita stage, lower berth) may be maintained uniformly, respectively. supposing a temperature recipe is the orbit shown in drawing 3 (b) -- CPU116 -- the wafer temperature Tw1-Tw5 after proofreading -- an upper case (zone 1) controls so that 849 degrees C and the Nakashita stage (zone 4) become 848 degrees C and the lower berth (zone 5) becomes [ 852 degrees C and the Nakagami stage (zone 2) / 850 degrees C and the middle (zone 3) ] 846 degrees C.

[0047] If sufficient time amount to stabilize the temperature in a coil 2 passes, raw gas will be supplied to a coil 2 and membrane formation will be started. Between membrane formation processings performs temperature

control so that the temperature of the wafer W of each zone of an upper case, the Nakagami stage, the middle, the Nakashita stage, and the lower berth may approach the laying temperature of a temperature recipe most as a whole. For this reason, membrane formation processing accomplishes seemingly the wafer W of each zone of an upper case, the Nakagami stage, the middle, the Nakashita stage, and the lower berth at different temperature. However, since a model and a recipe are the values (value which converted the effect of the concentration of membrane formation gas, the processing number of sheets of a wafer, or dispersion of arrangement etc. into heat, and was adjusted) adjusted so that the uniform film could be formed, the film of comparatively uniform thickness grows between fields and in a field.

[0048] After membrane formation is completed, supply of membrane formation gas is suspended and the inside of a coil 2 is cooled. Also at the time of cooling, if needed, the temperature of a wafer is presumed and estimate is proofread further. The unload of the wafer boat [ finishing / processing ] 23 is carried out after the completion of processing.

[0049] In this batch type thermal treatment equipment, the model and recipe for presuming the temperature of Wafer W and the temperature of temperature sensors Sin1-Sin5 are beforehand prepared in the control section 100. Therefore, even when the wafer temperature which a control section 100 presumes shifts from actual temperature according to a certain cause, the gap can be proofread and adaptive control can perform membrane formation processing (heat treatment) appropriately using wafer temperature [ finishing / proofreading ]. A heater 3 is appropriately controllable by this adaptive control.

[0050] Moreover, since the temperature recipe is adjusted for every zone so that thickness may become uniform between fields and in a field, generating of the difference of the thickness by the flow of gas, distribution of a gas consistency, a temperature gradient, etc. can be suppressed.

[0051] Moreover, the average value of average deviation of delta offset1-delta offset5 or multipliers k1-k5 is calculated, and the temperature TE<sub>wm</sub> of the guessed wafer may be corrected for example, to  $kave-TE_{wm}-\delta Tave$ , and may be proofread.

[0052] Next, the design technique of a model and a recipe is explained. In order to make five temperature which guessed the temperature of the wafer W of each zone and was further guessed from thermocouples Sin1-Sin5, the output (measured value) of Sout1-Sout5, the supply voltage to heaters 31-35, etc. approach the purpose temperature as a whole, if a model is a mathematical model which can specify the power supplied to heaters 31-35, it is available in the model (several variables, many dimensions, many output functions) of arbitration. As such a model, the model indicated by the U.S. Pat. No. 5,517,594 official report can be used, for example.

[0053] Hereafter, the model indicated by the U.S. Pat. No. 5,517,594 official report is explained to an example. First, five wafers for a test which built Thermocouples Swc and Swe into the location which is distant from a core and a core 6mm, for example are prepared for the thermal treatment equipment shown in drawing 1. Next, these five wafers for a test lay the wafer for a test, and the usual wafer in a wafer boat 23 so that it may locate one in five zones of drawing 3 (a) at a time. Next, this wafer boat 23 is loaded to a coil 2. Next, the signal of a high frequency band and the signal of a low frequency band are impressed to heaters 31-35, and data, such as a current supplied to thermocouples Sin1-Sin5 and the output of Sout1-Sout5, the output (wafer temperature) of the thermocouples Swc and Swe on the wafer for a test, and a heater, are acquired with the sampling period for 1 - 5 seconds.

[0054] Next, a temperature zone region is set up at intervals of 100 degrees C in a fixed temperature requirement, for example, the range of 400 degrees C - 1100 degrees C, (since presumption of temperature etc. will become incorrectness if an extensive temperature zone region is covered with one model). From the acquired data, the ARX (automatic recursion) model shown in a formula 3 is set up about each temperature zone region.

[0055]

[Equation 3]  $y_t + AA_1 y_{t-1} + AA_2 y_{t-2} + \dots + AA_n y_{t-n} = BB_1 u_{t-1} + BB_2 u_{t-2} + \dots + BB_n u_{t-n} + e_t$  contents [ of the p line one train which uses the following contents in t as a component at the +BB<sub>n</sub>u<sub>t-n</sub>+e<sub>t</sub>:time ] of vector: -- the amount of fluctuation from the terminal temperature y<sub>bias</sub> of the output of thermocouples Sin1-Sin5 (-- this example -- 5 component) and the amount of fluctuation from the terminal temperature y<sub>bias</sub> of the output of thermocouples Sout1-Sout5 (this example five components) -- The amount of fluctuation from the terminal temperature y<sub>bias</sub> of the output of the thermocouple Swc set to the core of a wafer (this example five), the amount of fluctuation from the terminal temperature y<sub>bias</sub> of the output of the thermocouple Swe set to the periphery section of a



wafer (this example five). Therefore, in this example, yt serves as a vector of a 20-line one train.

ut: The vector of the m line one train which uses the amount of fluctuation from the heater power balanced value ubias in t as a component at the time (since heaters are five zones in this example, it is five-line one train).

et: The vector of the m line one train which uses white noise as a component.

n: Delay (for example, 8).

The matrix (this example 20-line 20 trains) of AA1 - an AAn:p line p train.

The matrix (this example 20-line five trains) of BB1 - a BBn:p line m train.

[0056] Here, they are each multipliers AA1-AA<sub>n</sub> and BB1-BB<sub>n</sub>. It determines using the least square method etc.

[0057] When a space equation of state expresses the called-for ARX model, a formula 4 comes to show.

[Equation 4]

$$A = \begin{bmatrix} -AA_1 & I_p & \cdots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -AA_n & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} BB_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ BB_n \end{bmatrix}$$

$$Kf = \begin{bmatrix} -AA_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -AA_n \end{bmatrix}$$

$$C = [I_p \cdots 0]$$

AA<sub>1</sub>...BB<sub>n</sub>は、数式3の係数で、最小二乗法によって求められる

[0058] It asks for the model which guesses heater power ut to a thermocouple (Sin1-Sin5, Sout1-Sout5), temperature Tthermo, and wafer temperature from here. The output yt of a formula 3 is divided into the measurable part St (P one-line one train) and the wafer temperature Wt (P two-line one train). According to it, C is divided into CS and CW and ybias is divided into Sbias and Wbias. A wafer temperature model is calculated by the formula 5.

[0059]

[Equation 5] When the suitable Riccati equation is solved to a  $X_{t+1} = AX_t + BU_t + kfetSt = CsX_t + [Ip, 0]$  et top equation and the feedback gain L is searched for, a formula 6 comes to show a wafer temperature model.

[0060]

[Equation 6]  $X_{t+1} = AX_t + B(U_t + Ubias) + L(Tthermo - CSX_t + Sbias)$  Tmodel and  $t = CwX_t + Wbias$  -- here, Tmodel and t are prediction wafer temperature.

[0061] Next, wafer temperature is again measured using the wafer for a test. The wafer temperature Tmodel and the actual measurement Twater which were presumed based on the formula 6 are compared, and a model is tuned up. This tuning actuation is repeated two or more times if needed.

[0062] In order to improve the processing speed of an actual membrane formation form, about the 10th degree of the created model is formed into a low dimension, and it mounts in a thermal treatment equipment.

[0063] Actuation is set up so that the time average of fluctuation of the wafer temperature guessed from the set



point of temperature may be minimized about the program of CPU116 of operation on the other hand.

[0064] Furthermore, according to the class of membrane formation processing, the temperature target orbit  $T_{traj}(t)$ , i.e., a temperature recipe, whose uniform membrane formation is attained in each zone is designed. Then, it controls so that all of five zones follow this temperature target orbit, and membrane formation processing is performed in test. The thickness of the formed film is measured after processing and dispersion in thickness etc. is checked.

[0065] For example, when the thickness of the wafer of an upper case is smaller than the thickness of the wafer of the lower berth, even if a direct cause is unknown, it can make thickness almost equal by raising the temperature of an upper case relatively. Then, using the least square method etc., the temperature target orbit  $T_{traj}(t)$  is corrected so that dispersion may become the smallest. This is a temperature recipe for every zone as shown in drawing 3 (b). It is also possible to tune up this temperature recipe further.

[0066] Thus, according to the processing number of sheets of a wafer, and its arrangement, a recipe is set up, respectively and is remembered to be the model which defines the output for making temperature presumption and wafer temperature of a wafer into target temperature by the model storage section 111 and the recipe storage section 112.

[0067] Then, these models and recipes are suitably chosen at the time of actual membrane formation, are read to it again, and are used for control at it.

[0068] As mentioned above, although the design technique of the thermal treatment equipment of the batch type concerning the gestalt of implementation of this invention and its adaptive control approach, the model used for control, and a recipe was explained further, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned implementation, but various deformation and application are possible for it. For example, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although this invention was explained to the example for the heat CVD system for nitride formation, the class of processing is applicable to a batch type thermal treatment equipment with the CVD systems which form the film of other types, oxidation systems, etching systems, etc. it is arbitrary and various. However, a model and a recipe are designed for every class.

[0069] Moreover, neither configuration nor actuation is also limited to the gestalt of the above-mentioned implementation. For example, although the number of heaters was set to five and the zone in a coil 2 was set to five with the gestalt of the above-mentioned implementation, the number of heaters and the number of temperature zones are arbitrary. Moreover, a heater may not be limited to the thing of an electric resistance mold, but a lamp etc. is sufficient as it. Moreover, the configuration for measuring temperature is not limited to a thermocouple, either, but can apply the temperature sensor of arbitration.

[0070] Moreover, a model and its design technique are also limited to neither the model indicated by U.S. Pat. No. 5,517,594 nor its design technique, and can adopt the model of arbitration, and the design technique of arbitration. Moreover, a model and a recipe may be communalized by it being complicated about all equipments to design a model separately, creating one model and/or a recipe about the thermal treatment equipment of the same specification, and carrying out optimization processing of this for every equipment. According to this approach, creation and tuning of a model can be performed efficiently.

[0071]

[Effect of the Invention] Processing appropriately is possible even when the processed object with which processing number of sheets differs from arrangement is held in a heating furnace in the thermal treatment equipment of a batch type according to this invention, as explained above.

---

[Translation done.]

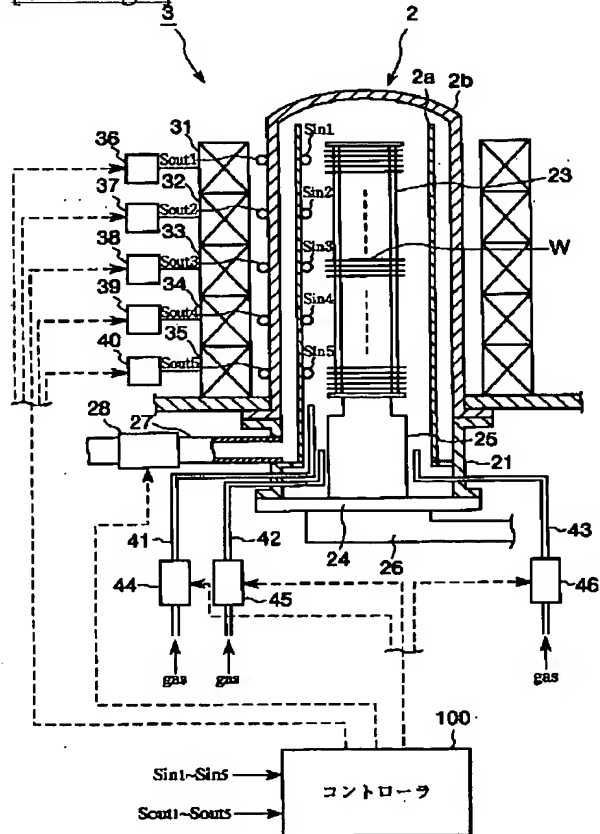
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

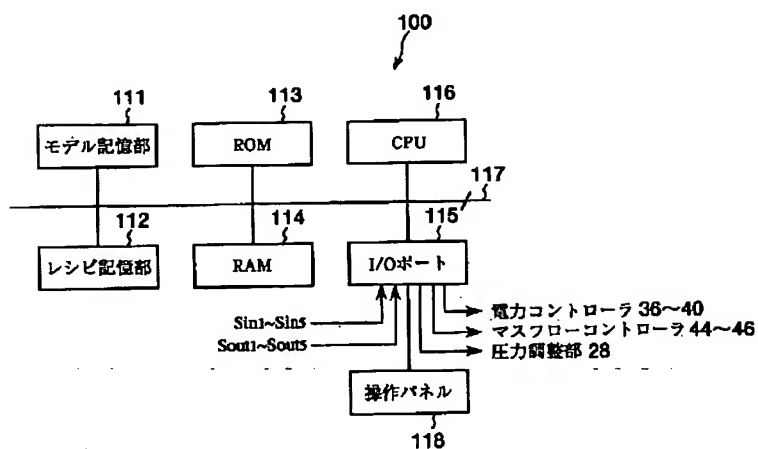
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

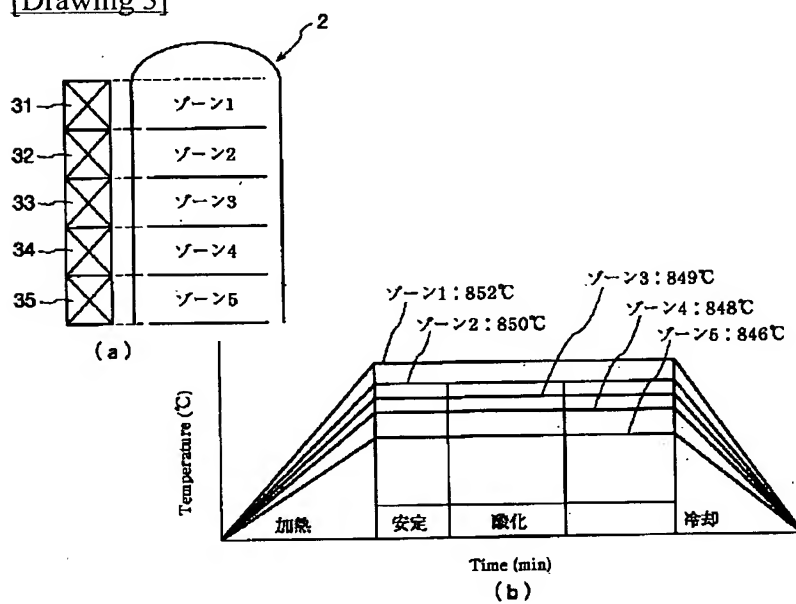
[Drawing 1]



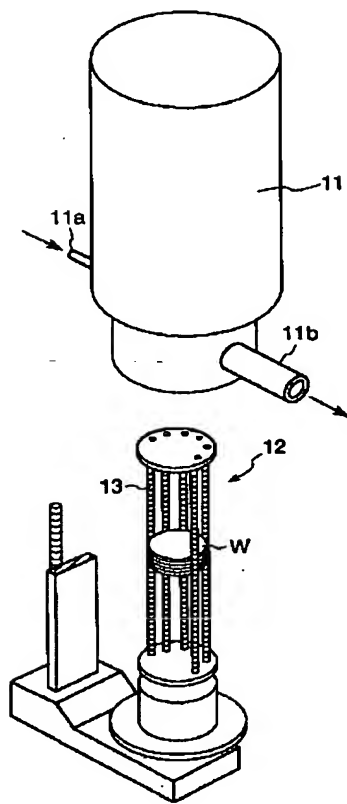
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



---

[Translation done.]